

0350408

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 7月 9日

出願番号

Application Number: 特願2002-199918

[ST.10/C]:

[JP2002-199918]

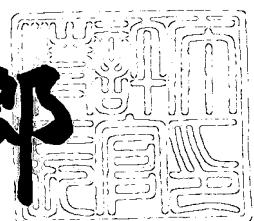
出願人

Applicant(s): 株式会社東芝

2003年 3月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3021518

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000202687

【提出日】 平成14年 7月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 フォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の
製造方法

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横
浜事業所内

【氏名】 伊藤 祥代

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マ
イクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 伊藤 正光

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横
浜事業所内

【氏名】 蓮沼 正彦

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率(MPa)をE₀、E₁及びE₂とし、各々の厚さ(m)をd₀、d₁及びd₂とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力(MPa)をs₁及びs₂とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率をhとし、係数k₁乃至k₄をそれぞれk₁=1.3×10⁻⁸、k₂=-9.5×10⁻²、k₃=6.0×10⁻⁷、k₄=-5.2×10⁻²とすると、

【数1】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(k_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + k_2 \right) + \left(k_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + k_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

の条件を満たすフォトマスク。

【請求項2】 前記遮光膜の室温における内部応力が、500 MPa以上5GPa以下である請求項1に記載のフォトマスク。

【請求項3】 基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率(MPa)をE₀、E₁及びE₂とし、各々の厚さ(m)をd₀、d₁及びd₂とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力(MPa)をs₁及びs₂とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率をhとし、係数k₁乃至k₄をそれぞれk₁=1.3×10⁻⁸、k₂=-9.5×10⁻²、k₃=6.0×10⁻⁷、k₄=-5.2×10⁻²とすると、

【数2】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 0.87 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

の条件を満たすフォトマスク。

【請求項4】 前記遮光膜の室温における内部応力が、1 GPa 以上 4.5 GPa 以下である請求項2に記載のフォトマスク。

【請求項5】 基板上に半透明膜及び遮光膜を順次積層形成し、前記半透明膜及び遮光膜の内部応力を測定し、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、マスクパターン形成後の前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の仮想被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とし、マスクパターン形成後の所望のフォトマスクの予測反り量を A (m^{-1}) とするとき、以下の式

【数3】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq A (m^{-1})$$

を満たすか否かを判定し、

前記判定結果に基づき前記式を満たす被覆率となるように前記半透明膜及び前記遮光膜を選択的に除去する

フォトマスクの製造方法。

【請求項6】 前記予測反り量 A は 1.4×10^{-4} (m^{-1}) である請求項5に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記予測反り量 A は 0.87×10^{-4} (m^{-1}) である請

求項5に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項8】 前記仮想被覆率hが $100\% > h \geq 30\%$ である請求項5に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項9】 被加工基板上にフォトレジストを形成し、

基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率(MPa)を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ(m)を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力(MPa)を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率をhとし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数4】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

の条件を満たすフォトマスクのマスクパターンに光を透過させて前記マスクパターンを前記フォトレジストに転写し、

前記フォトレジストを現像し、

前記フォトレジストをマスクとして前記被加工基板を選択的に加工する電子部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所望の平坦度を有するフォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体製造プロセスに用いられているフォトリソグラフィ工程での課題が顕著になりつつある。半導体デバイスの微細化が進むにつれ、フォトリソグラフィ工程での微細化に対する要求が高まっている。既に、デバイスの設計ルールは0.13 μmにまで微細化している。これにより、制御しなければならないパターン寸法精度は10 nm程度と極めて厳しい精度が要求されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

このような中、パターン形成工程の高精度化を妨げている一要因として、リソグラフィ工程に用いられるフォトマスクの平坦度が挙げられる。微細化に伴いリソグラフィ工程での焦点裕度が少なくなる中で、フォトマスクの平坦度が無視できなくなっている。

【0004】

フォトマスクは、一般に石英基板上に半透明膜および遮光膜を成膜して作成する。しかしながら、半透明膜は1 GPaを超える大きな内部応力をもつ。従って、この内部応力により基板が変形し、平坦度を悪化させていた。この平坦度の悪化は、歩留まり低下の大きな要因となっていた。また、石英基板上に半透明膜および遮光膜を成膜した後、マスクパターンを形成することによりマスクは完成する。しかしながら、半透明膜、遮光膜が成膜時にもつ内部応力から、マスクパターン形成後の基板の変形を予測することが困難であったため、平坦度の制御ができなかった。

【0005】

本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、所望の平坦度を有するフォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

この発明の一の観点によれば、基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率(MPa)をE₀、E₁及びE₂とし

、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていな領域における前記半透明膜の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数5】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(k_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + k_2 \right) + \left(k_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + k_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

【0007】

の条件を満たすフォトマスクが提供される。このような構成によれば、平坦度が約 $0.8 \mu m$ 以下のフォトマスクが得られる。このようなフォトマスクを用いてパターン露光を行う場合、露光時の焦点裕度が格段に増し、半導体などの電子部品の製造歩留まりが大きく向上する。

【0008】

本発明の別の観点によれば、基板上に半透明膜及び遮光膜を順次積層形成し、前記半透明膜及び遮光膜の内部応力を測定し、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、マスクパターン形成後の前記遮光膜が形成されない領域における前記半透明膜の仮想被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とし、マスクパターン形成後の所望のフォトマスクの予測反り量を $A (m^{-1})$ とするとき、以下の式

【数6】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq A(m^{-1})$$

【0009】

を満たすか否かを判定し、前記判定結果に基づき前記式を満たす被覆率となるように前記半透明膜及び前記遮光膜を選択的に除去するフォトマスクの製造方法が提供される。

【0010】

これにより、マスクパターン形成後の反り量をマスク完成前に予め予測することができ、フォトマスク製造の歩留まりが大きく向上する。

【0011】

また、本発明の一の実施形態によれば、予測反り量Aは 1.4×10^{-4} (m m^{-1})である。これにより、平坦度が約 $0.8 \mu m$ 以下のフォトマスクを製造することができる。×

また、本発明のさらに別の一の実施形態によれば、仮想被覆率hが $100\% > h \geq 30\%$ である。

【0012】

さらに本発明の別の観点によれば、被加工基板上にフォトレジストを形成し、基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率をhとし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数7】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

【0013】

の条件を満たすフォトマスクのマスクパターンに光を透過させて前記マスクパターンを前記フォトレジストに転写し、前記フォトレジストを現像し、前記フォトレジストをマスクとして前記被加工基板を選択的に加工する電子部品の製造方法が提供される。

【0014】

これにより、フォトマスクを用いた被加工基板へのパターン露光時の焦点裕度が格段に増し、半導体部品などの電子部品の製造歩留まりが大きく向上する。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0016】

(第1実施形態)

図1は本発明の第1実施形態に係るフォトマスク10の全体構成を示す縦断面図である。図1に示すように、大きさが152mm角で厚さ約6mmの光透過性の石英基板1上に、MoSiON(以下、単にMoSiと称する)からなる半透明膜2が約95nmの膜厚で選択的に形成されている。さらに、この半透明膜2上にはCrからなる遮光膜3が約59nmの膜厚で選択的に形成されている。

【0017】

図1の4で示される領域はパターン形成領域、5で示される領域は周辺領域である。パターン形成領域4は、ウェハ上に転写すべき回路パターンが形成される領域である。周辺領域5は、パターン形成領域4を取り囲むようにパターン形成領域4の周辺部分に設けられた領域であり、遮光膜3で覆われている。これにより、パターン形成領域以外の不要なパターンが転写されるのを防止することがで

きる。

【0018】

本実施形態では、フォトマスクの特性を表す値の一つとして被覆率 h が用いられる。被覆率 h は、パターン形成領域4の全面積 W_1 に対して、このパターン形成領域4内において石英基板1を被覆する半透明膜2が形成される面積 W_2 の比で表される。すなわち、 $h = W_2 / W_1$ で表される。

【0019】

パターン形成領域4は、石英基板1のみからなる透過領域4aと、石英基板1と半透明膜2が積層形成された半透過領域4bからなる。半透明膜2は、位相シフト層として機能する。透過領域4aを通過する光（例えば光透過率約100%）と、半透過領域4bを通過する光（例えば光透過率約6%）の位相が互いに異なる作用（例えば位相差180°）を利用し、パターン形成領域4に形成されたパターンがウェハ上に転写される。

【0020】

ここで、石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3の各々のヤング率(MPa)を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ(m)を d_0 、 d_1 及び d_2 とする。半透明膜2及び遮光膜3の各々の室温（例えば25℃）における内部応力(MPa)を s_1 及び s_2 とする。また、マスクパターン形成後の上述した半透明膜2の被覆率を h と定義する。さらに、定数 $k_1 \sim k_4$ を、 $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とする。

【0021】

本発明者らは、多くの内部応力の異なるマスク基板と被覆率の関係を検討することにより、上述した各パラメータ及びマスクパターン形成後の基板の反り量の指標となる曲率半径Rに以下の関係があることを見出した。

【0022】

【数8】

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \quad \cdots (1)$$

【0023】

この式(1)における $1/R$ の絶対値、すなわち基板の反り量を $|1/R| \leq 1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1})$ にすると、マスクパターン形成後のフォトマスクの平坦度を $0.8 \mu\text{m}$ 以下程度に抑えることができる。平坦度とは、フォトマスクの最大の高低差を指す。

【0024】

従って、本実施形態におけるフォトマスクは、上記式(1)を満たすような石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3を用いて形成されている。

【0025】

図2は図1のフォトマスクの製造方法の工程断面図である。

【0026】

図2(a)に示すように、まず大きさ $152\text{mm} \times 152\text{mm}$ 角で厚さ約 6mm の石英基板1上に、MoSiからなる半透明膜2をスパッタリングにより例えば膜厚 95nm 成膜する。次いで、半透明膜2上に、Crからなる遮光膜3をスパッタリングにより例えば膜厚 59nm 成膜する。これにより、石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3の積層構造からなるハーフトーンマスクブランクス(フォトマスク用原板)が形成される。このCrからなる遮光膜3のスパッタリングでは、ターゲットに衝突させるためのArのガス圧を従来一般的に用いられるガス圧である 5mTorr よりも高めの 11mTorr に設定する。このようにして成膜された半透明膜2及び遮光膜3の内部応力をX線回折を用いて測定した。X線回折により、MoSi及びCrの格子面間隔を測定し、 $\sin^2\phi$ 法を用いて内部応力を算出したところ、Crの場合引っ張りの 2100MPa 、MoSiは圧縮の 1400MPa であった。

【0027】

次に、このように形成されたハーフトーンマスクブランクスについて、半透明膜2の被覆率hを30%、50%、70%及び100%の場合の各々について、式(1)を用いて1/Rの値を求めた。算出結果を以下の表1に示す。

【0028】

【表1】

表 1

MoSi膜			Cr膜			被 覆 率	1/R(計算値) (m ⁻¹)	平坦度 (測定 値) (μm)	マスク 歩留まり
ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)				
275	95	-1400	255	59	2100	0.3	6.66×10^{-6}	0.04	OK
275	95	-1400	255	59	2100	0.5	-3.53×10^{-5}	0.20	OK
275	95	-1400	255	59	2100	0.7	-7.72×10^{-5}	0.45	OK
275	95	-1400	255	59	2100	1	-1.40×10^{-4}	0.80	OK

【0029】

表1に示すように、いずれの被覆率hの場合も、 $|1/R| \leq 1.4 \times 10^{-4}$ (m⁻¹)となった。従って、被覆率hを30%~100%にした場合には、所望のフォトマスクを形成できることが確認できた。

【0030】

次に、得られたハーフトーンマスクブランクスの遮光膜3の表面に、ポジ型化學增幅型レジストを約500nmの膜厚で塗布する。次に、約50keVの加速電圧を有する電子ビーム描画装置を用いて、マスク上換算で0.6μm(フォトマスクの転写倍率が4倍、ウェハ上換算で0.13μm)ルールのホール径の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、110℃で15分間ベークした後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。なお、このレジストパターン形成では、パターン形成後の被覆率hが30%、50%、70%及び100%となるような4種類のパターンを形成した。被覆率hが100%の場合、電子ビーム描画装置によりパターンを描画する必要が無い。

【0031】

次に、図2(b)に示すように、前記レジストパターンをエッチングマスクと

して用い、反応性イオンエッティングにより遮光膜3と半透明膜2の双方をエッティングした。エッティングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッティング装置によりレジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。次いで、パターン形成領域4の遮光膜3をウェットエッティングにより除去することにより、被覆率hが30%、50%、70%及び100%のハーフトーン位相シフトマスクが得られる（図2（c））。遮光膜3と半透明膜2の双方がエッティングされた領域は石英基板1のみとなるため、透過領域4aとなる。また、遮光膜3のみがエッティングされた領域は石英基板1上に半透明膜2が残存した領域であり、半透過領域となる。

【0032】

上述した製造方法により得られた被覆率hが30%、50%、70%及び100%のハーフトーン位相シフトマスクのそれぞれについて、平坦度を光学干渉計により測定した結果を表1に示す。いずれの被覆率hのマスクでも平坦度は0.8 μ m以下に抑えられており、焦点裕度が従来のものに比較して増しており、製造歩留まりの向上が期待できる。

【0033】

次に、上述した製造方法により得られたハーフトーン位相シフトマスクを用いた電子部品の製造方法について図3の工程断面図に沿って説明する。本実施形態では、電子部品の一例として半導体装置を製造する場合を例に説明する。

【0034】

まず、フォトレジスト34を塗布した被加工基板33を準備する（図3（a））。被加工基板は、ウェハ自体や、ウェハ上に半導体膜、金属膜や絶縁膜などの膜が単層あるいは積層して形成された基板など、パターンを形成する対象となり得るいかなる基板も含まれる。この被加工基板33上に、露光装置を用いてフォトマスクの回路パターンを転写する（図3（b））。

【0035】

露光装置の構成の一例を図4に示す。図4に示すように、露光装置30は、照明光学系（光源）31からの光31aをフォトマスク10に導き、このフォトマスク10を通過した光を投影光学系32を通してステージ36に載置された被加

工基板33上に転写する。より具体的には、被加工基板33上のフォトレジスト34にフォトマスク10の回路パターンが照射される。その後、露光部、すなわち光が照射された部分のフォトレジスト34を溶剤で溶かして未露光部のレジストパターンを残存させる現像工程(図3(c))を経た後、所定の温度で所定の時間ベークされる。次に、このレジストパターンをマスクとしてエッチングが行われる(図3(d))。これにより、フォトレジスト34が残存せずに露出した被加工基板33が、その表面から所定の深さだけ選択的に除去される。これにより、被加工基板33表面の膜などは、フォトマスクに対応した形状に加工される。エッチングが終了した後、酸素プラズマ等を用いたアッシングによりレジストを剥離し、洗浄する(図3(e))。

【0036】

以上のフォトリソグラフィ工程が終了した後、半導体、金属あるいは絶縁体等の膜35を形成する(図3(f))。この膜35に対して、あるいは膜35と被加工基板33に対して、例えばCMPやエッチバックなどにより平坦化した後、上述したのと同様の手法によりフォトリソグラフィ工程を経て、膜35を加工する。さらに、この膜35が加工された基板に対して新たな膜を堆積し、…というように、膜形成とフォトリソグラフィ工程後の膜加工を繰り返し経ることにより、トランジスタ、キャパシタ、電極、配線などが形成された半導体基板が得られる。さらにこの半導体基板に対してダイシング、マウント、ボンディング、封止などの工程を経ることにより、半導体部品が完成する。

【0037】

得られた半導体部品の概観を電子顕微鏡などを用いて検査したり、機能・性能などの特性検査を行うことにより、DRAMなどの半導体部品の製造歩留まりが大きく向上することを確認できた。

【0038】

比較のため、従来技術により作製されたフォトマスクの特性と、そのフォトマスクを用いて作製された半導体部品の歩留まりを測定した。

【0039】

以下、従来技術を用いたフォトマスクの製造方法を示す。

【0040】

まず、大きさ152mm角で厚さ約6mmの石英基板上に、半透明膜であるMoSi膜を膜厚95nmスパッタリングにより成膜した。その後、遮光膜であるCr膜を膜厚59nmスパッタリングにより成膜した。X線回折を用いて格子面間隔のひずみ量を測定することにより、MoSi膜、Cr膜それぞれの内部応力を測定した。その結果、MoSi膜が圧縮の1400MPa、Cr膜が0MPaであった。MoSi膜が持つ大きな内部応力により、得られたマスクブランクスには反りが発生した。光学干渉計を用いてマスクブランクスの平坦度を測定したところ、1.9μmであった。このハーフトーンマスクブランクスに、ポジ型化学增幅型レジストを500nmの膜厚だけ塗布し、50keVの加速電圧を有する電子ビーム描画装置を用いてマスク上換算で0.6μm（フォトマスクの転写倍率が4倍、ウェハ上換算で0.13μm）ルールのホール径の1DRAMのパターンを描画した。描画後、110℃で15分間ベークした後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0041】

次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングによりMoSi膜とCr膜をエッチングした。エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置によりレジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。続いてパターン形成領域のCr膜をウェットエッチングによって除去することにより、ハーフトーン位相シフトマスクを得た。

【0042】

こうして作製したマスクには、MoSi膜の内部応力による基板変形がパターン形成後も残る。パターン形状によって、マスク上のMoSi膜の被覆率hは異なり、基板の変形量は被覆率hに依存して変化する。MoSi膜の被覆率hが30%、50%、70%及び100%のフォトマスクをそれぞれ作製し、光学干渉計を用いて平坦度を測定した結果を表2に示す。

【0043】

【表2】

表 2

MoSi膜			Cr膜			被覆率	1/R(計算値) (m ⁻¹)	平坦度 (測定値) (μm)	マスク 歩留まり
ヤング 率 (GPa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (MPa)	ヤング 率 (GPa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (MPa)				
275	95	-1400	255	59	0	0.3	-1.77×10^{-4}	-1.02	NG
275	95	-1400	255	59	0	0.5	-2.19×10^{-4}	-1.26	NG
275	95	-1400	255	59	0	0.7	-2.61×10^{-4}	-1.51	NG
275	95	-1400	255	59	0	1	-3.24×10^{-4}	-1.87	NG

【0044】

また、このように作製されたフォトマスクについて、上述した式(1)に基づき得られた1/Rの値も表2に示している。石英基板のヤング率は73GPa、MoSi膜のヤング率は275GPa、Cr膜のヤング率が255GPaである。いずれの被覆率についても、1/Rの絶対値が 1.4×10^{-4} を超えて、すべての被覆率において、平坦度は $0.8 \mu\text{m}$ を超えていた。表1と比較して分かるように、本実施形態を用いる場合に比較して平坦度の絶対値が大きくなっている。また、実施形態で示した半導体部品の製造方法と同様の方法により半導体部品を製造した結果、製造歩留まりが低下した。

【0045】

さらに、通常はマスクパターンを形成してから反り量が判明する。従って、反り量が大きく使用できないフォトマスクが製造された場合、マスクパターン形成工程が無駄になっていた。このような背景の中、予めマスクパターン形成後のマスク反り量を予測する手段が望まれていたところ、上述したように、本実施形態を適用することにより、平坦度の良好なフォトマスクが得られた。また、そのようなフォトマスクを用いたDRAMなどの半導体製品の製造歩留まりが従来技術に比較して大きく向上した。

【0046】

このように本実施形態によれば、平坦度の良好なフォトマスクが得られる。従って、ウェハ露光時の焦点裕度が格段に増し、DRAMなどの半導体製造歩留ま

りが大きく向上する。

【0047】

(第2実施形態)

本実施形態は、フォトマスクの製造方法に関する。より具体的には、マスクパターンを形成した後のマスク基板の反り量を、所望の反り量に制御することができるフォトマスクの製造方法に関する。第1実施形態と共通する構成には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0048】

以下、本実施形態のフォトマスクの製造方法を図5のフローチャートに沿って説明する。

【0049】

まず、大きさ152mm角で厚さ約6mmの石英基板1上に、MoSiからなる半透明膜2をスパッタリングにより例えば膜厚95nm成膜する。次いで、半透明膜2上に、Crからなる遮光膜3をスパッタリングにより例えば膜厚59nm成膜する(s51)。これにより、石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3の積層構造からなるハーフトーンマスクブランクスが形成される。このCrからなる遮光膜3のスパッタリングでは、ターゲットに衝突させるためのArのガス圧をP₁=7mTorr、P₂=8mTorr、P₃=13mTorr、P₄=18mTorr、及びP₅=20mTorrの5種類に設定する。これにより、ハーフトーンマスクブランクスはCr膜スパッタリング時のガス圧に応じて5種類作製される。このようにして成膜された半透明膜2及び遮光膜3の内部応力をX線回折を用いて測定する(s52)。X線回折により、MoSi及びCrの格子面間隔が測定され、sin²φ法を用いて内部応力を算出したところ、MoSiの内部応力はすべて圧縮の1400GPaであった。Cr膜の内部応力は、それぞれ引っ張りの500MPa、1050MPa、2750MPa、4400MPa及び5000MPaであった。

【0050】

次に、得られた半透明膜2及び遮光膜3の内部応力とマスクパターン形成後の仮想被覆率hを、第1実施形態で示した式(1)に代入し、1/Rの値を算出す

る(s 53)。石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3の各々のヤング率は、73 GPa、275 GPa及び255 GPaである。5種類のマスクブランクスについて、式(1)により1/Rを計算した結果を表3及び表4に示す。

【0051】

【表3】

表 3

遮光膜 Ar ガス圧 (mTor r)	MoSi膜			Cr膜			仮 想 被 覆 率	1/R(計算値) (m ⁻¹)	判定 結果 ≤ 1.4 × 10 ⁻⁴	判定 結果 ≤ 0.87 × 10 ⁻⁴
	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)				
P ₁ =7	275	95	-1400	255	59	500	0.3	-1.33 × 10 ⁻⁴	○	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.4	-1.54 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.5	-1.75 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.6	-1.96 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.7	-2.17 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.8	-2.38 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.9	-2.59 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	1	-2.80 × 10 ⁻⁴	×	×
P ₂ =8	275	95	-1400	255	59	1050	0.3	-8.51 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	1050	0.4	-1.06 × 10 ⁻⁴	○	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.5	-1.27 × 10 ⁻⁴	○	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.6	-1.48 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.7	-1.69 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.8	-1.90 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.9	-2.11 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	1	-2.32 × 10 ⁻⁴	×	×
P ₃ =13	275	95	-1400	255	59	2750	0.3	6.35 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.4	4.25 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.5	2.15 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.6	5.55 × 10 ⁻⁷	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.7	-2.04 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.8	-4.14 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.9	-6.24 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	1	-8.33 × 10 ⁻⁵	○	○

【0052】

【表4】

表 4

遮光膜 Ar ガス圧 (mTor r)	MoSi膜			Cr膜			仮 想 被 覆 率	1/R(計算値) (m ⁻¹)	判定 結果 ≤ 1.4 × 10 ⁻⁴	判定 結果 ≤ 0.87 × 10 ⁻⁴
	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)				
P ₄ =18	275	95	-1400	255	59	4400	0.3	2.08 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.4	1.87 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.5	1.66 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.6	1.45 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.7	1.24 × 10 ⁻⁴	○	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.8	1.03 × 10 ⁻⁴	○	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.9	8.19 × 10 ⁻⁵	○	○
	275	95	-1400	255	59	4400	1	6.09 × 10 ⁻⁵	○	○
P ₅ =20	275	95	-1400	255	59	5000	0.3	2.60 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.4	2.39 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.5	2.18 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.6	1.97 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.7	1.76 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.8	1.55 × 10 ⁻⁴	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.9	1.34 × 10 ⁻⁴	○	×
	275	95	-1400	255	59	5000	1	1.13 × 10 ⁻⁴	○	×

【0053】

次いで、得られた5種類のマスクブランクスで得られた|1/R|が、マスクパターン形成後に所望の反り量A (m⁻¹) の範囲内か否かを判定する(s54)。所望の反り量Aは要求されるパターン寸法精度などに応じて自由に設定することができるが、本実施形態ではウェハ上換算で0.13 μmルールに対応する1.4 × 10⁻⁴ (m⁻¹) 以下、およびウェハ上換算で0.10 μmルールに対応する0.87 × 10⁻⁴ (m⁻¹) 以下について判定を行った。また、仮想被覆率hは、100% ≥ h ≥ 30%の範囲に設定した。具体的には、h = 30%

、40%、50%、60%、70%、80%、90%及び100%とした。なお、仮想被覆率 $h = 100\%$ は、パターン形成領域4がすべて半透明膜2で覆われたフォトマスクであり、実際のパターン露光には用いられないが、比較のために算出した。

【0054】

表3及び表4には、この判定ステップによる判定結果も併せて示してある。所望の反り量Aが $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下の場合の判定結果を判定結果①に、 $0.87 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下の場合の判定結果を判定結果②に示す。表3及び表4で、丸印で示されたマスクブランクスは、マスクパターン形成後に所望の反り量の範囲内に收まり、それ以外は、マスクパターン形成後に所望の反り量を超えるものと予想される。

【0055】

表3及び表4に示すように、遮光膜3であるCrの内部応力が500MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が1050MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%～50%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が2750MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%～100%のすべての領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が4400MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が70%～100%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が5000MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が90%～100%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。

【0056】

これらより、遮光膜3であるCrの室温における内部応力が、500MPa以

上 5 GPa 以下程度であれば、マスクパターンを選択することにより $|1/R| \leq 1.4 \times 10^{-4}$ 、平坦度 $0.8 \mu\text{m}$ 以下を実現できることが理解される。

【0057】

さらに、遮光膜3であるCrの内部応力が 1050 MPa のマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $0.87 \times 10^{-4} (\text{m}^{-1})$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が 2750 MPa のマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%~100%のすべての領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $0.87 \times 10^{-4} (\text{m}^{-1})$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が 4400 MPa のマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が90%~100%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $0.87 \times 10^{-4} (\text{m}^{-1})$ 以下になると判断できる。

【0058】

これらより、遮光膜3であるCrの室温における内部応力が 1000 MPa 以上 4500 MPa 程度であれば、マスクパターンを選択することにより $|1/R| \leq 0.87 \times 10^{-4}$ 、平坦度 $0.5 \mu\text{m}$ 以下を実現できることが理解される。

【0059】

次に、このCr膜付のハーフトーンマスクブランクスをフォトリソグラフィ工程によりパターンングする(s55)。これにより、所望のマスクパターンが形成されたフォトマスクが完成する。この際、(s54)の判定結果に基づき、反り量が所望の値以下になると判定された被覆率のマスクパターンとなるように、パターンを選択して形成する。これにより、予め反り量が所望の値を超てしまふようなフォトマスクを形成する必要が無くなり、フォトマスクの製造歩留まりが向上する。具体的には、遮光膜3のCrの内部応力が 2750 MPa のマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%、50%、70%及び90%のマスクパターンを形成した。Crの内部応力が 1050 MPa のマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%及び50%のマスクパターンを選択して形成した。Crの内部応力が 500 MPa のマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が

30%のマスクパターンを選択して形成した。Crの内部応力が4400 MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率70%及び90%のマスクパターンを選択して形成した。Crの内部応力が5000 MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率90%のマスクパターンを選択して形成した。

【0060】

フォトリソグラフィ工程では、具体的にマスクブランクスの表面、すなわち遮光膜3の表面に、ポジ型化学増幅型レジストを500 nmの膜厚に塗布し、50 keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置で描画した。描画後、110℃、15分間ベークを行った後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0061】

次に、レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッティングにより遮光膜3と半透明膜2をエッチングした。エッティングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置によりレジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。次いで、パターン形成領域の遮光膜3をウェットエッティングにより除去することにより、ハーフトーン位相シフトマスクを得た。

【0062】

このようにして作製したフォトマスクの反り量及び平坦度を光学干渉計で測定した結果を表5に示す。

【0063】

【表5】

表 5

MoSi膜			Cr膜			被覆率	反り量(測定値) (m ⁻¹)	平坦度 (測定値) (μm)
ヤング率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)			
275	95	-1400	255	59	500	0.3	-1.3×10^{-4}	0.77
275	95	-1400	255	59	1050	0.3	-8.5×10^{-5}	0.49
275	95	-1400	255	59	1050	0.5	-1.3×10^{-4}	0.73
275	95	-1400	255	59	2750	0.3	6.3×10^{-5}	0.37
275	95	-1400	255	59	2750	0.5	2.2×10^{-5}	0.12
275	95	-1400	255	59	2750	0.7	-2.0×10^{-5}	0.12
275	95	-1400	255	59	2750	0.9	-6.2×10^{-5}	0.36
275	95	-1400	255	59	4400	0.7	1.2×10^{-4}	0.77
275	95	-1400	255	59	4400	0.9	8.2×10^{-5}	0.47
275	95	-1400	255	59	5000	0.9	1.3×10^{-4}	0.78

【0064】

すべてのフォトマスクについて、 1.4×10^{-4} (m⁻¹) 以下の反り量であった。このように、予めマスクパターン形成後の反り量が所望の反り量になるマスクブランクスを選択することが可能となる。すなわち、マスクパターン形成後の反り量をマスク完成前に予め予測することができ、マスク製作の歩留まりを大きく向上させることができた。

【0065】

従来は、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量を予測する手段が無かったため、マスクパターン形成後に反り量を測定し、所望の反り量が得られているか否かを判断しなければならなかった。このとき、反り量が大きく使用できないこととなったフォトマスクは、そのマスク形成工程が無駄になることが問題となっていた。マスクパターン形成前までのマスクブランクスの製造コストは数十万円であるのに対し、マスクパターン形成には数百万円のコストがかかる。本実施形態を適用することにより、マスク製作のコストを大きく削減することが可能

となった。

【0066】

また、本実施形態で作製したフォトマスクは、いずれも平坦度が $0.8 \mu\text{m}$ 以下であり、ウェハ露光時の焦点裕度が格段に増し、DRAMなどの半導体製造歩留まりが大きく向上した。さらに、本実施形態で作製したフォトマスクの内、Crの内部応力が1050MPaのマスクブランクスに、半透明膜2の被覆率30%のパターンを選択して形成したフォトマスク、Crの内部応力が2750MPaのマスクブランクスに、半透明膜2の被覆率30%、50%、70%、90%のパターンを選択して形成したフォトマスク、およびCrの内部応力が4400MPaのマスクブランクスに、半透明膜2の被覆率90%のパターンを選択して形成したフォトマスクは、いずれも平坦度が $0.5 \mu\text{m}$ 以下であり、ウェハ露光時の焦点裕度が格段に増し、ウェハ上換算で $0.10 \mu\text{m}$ ルールという微細なパターンにおいてもDRAMなどの半導体製造歩留まりが大きく向上した。

【0067】

なお、(s53)における $1/R$ の値の算出、(s54)における判定は、人がマニュアルにより行ってもよいし、コンピュータにより自動的に実行するようにしてもよい。

【0068】

コンピュータにより自動実行させる場合、例えば図6に示すようなコンピュータを用いればよい。図6に示すように、このコンピュータはプロセッサ61と、このプロセッサ61に接続された入力装置62、出力装置63、データベース64及び通信インターフェース65から構成される。プロセッサ61は例えばCPUなどにより実現される。(s52)の測定結果をキーボードやマウスなどからなる入力装置62を用いてオペレータが入力すると、プロセッサ61はデータベース64から上述した式(1)を読み出し、 $1/R$ の値を自動で算出する。そして、得られた $1/R$ の絶対値と、予めデータベース64に記録された所望の反り量Aを比較する。反り量Aは入力装置62を用いて入力してもよい。 $|1/R|$ が所望の反り量Aよりも小さい場合には、平坦度が所望の値以下であることを示す判定結果をCRTなどの出力装置63から出力する。これにより、フォトマスク

の反り量の自動予測が可能となる。なお、入力装置62から入力されるデータや、データベース64に格納されたデータは、通信インターフェース65を介して外部の端末などのコンピュータなどから受信してもよい。

【0069】

また、上述したプロセッサ61が行う自動処理を実行するためのプログラムを記録媒体に記録しておき、プロセッサ61に接続された記録媒体読取装置を用いて読み出し自動判定処理を実行してもよい。

【0070】

本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【0071】

上述した実施形態では、基板1、半透明膜2及び遮光膜3として、石英、MOSi及びCrを用いる場合を示したが、これら以外の材質を用いたフォトマスクにも適用可能であることはもちろんである。

【0072】

また、半導体装置を製造する場合を例に説明したが、半導体装置以外のあらゆる電子部品の製造に本実施形態のフォトマスクを適用することができることはもちろんである。

【0073】

また、図2に示した工程に本発明のフォトマスクの製造方法が限定されるものではない。例えば、図2(c)に示す工程で、あるいはその後の工程で、遮光膜3及び半透明膜2が除去されて露出した石英基板1の表面を所定の深さだけ掘り込んでもよい。これにより、透過領域4aを透過する光と半透過領域4bを透過する光の位相を制御することができる。

【0074】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、所望の平坦度を有するフォトマスクが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態に係るフォトマスクの全体構成を示す縦断面図。

【図2】

同実施形態に係るフォトマスクの製造方法の工程断面図。

【図3】

同実施形態に係るハーフトーン位相シフトマスクを用いた電子部品の製造方法の工程断面図。

【図4】

同実施形態に係る露光装置の構成の一例を示す図。

【図5】

本発明の第2実施形態に係るフォトマスクの製造方法のフローチャートを示す図。

【図6】

同実施形態の変形例に関わるフォトマスクの製造に用いられるコンピュータの一例を示す図。

【符号の説明】

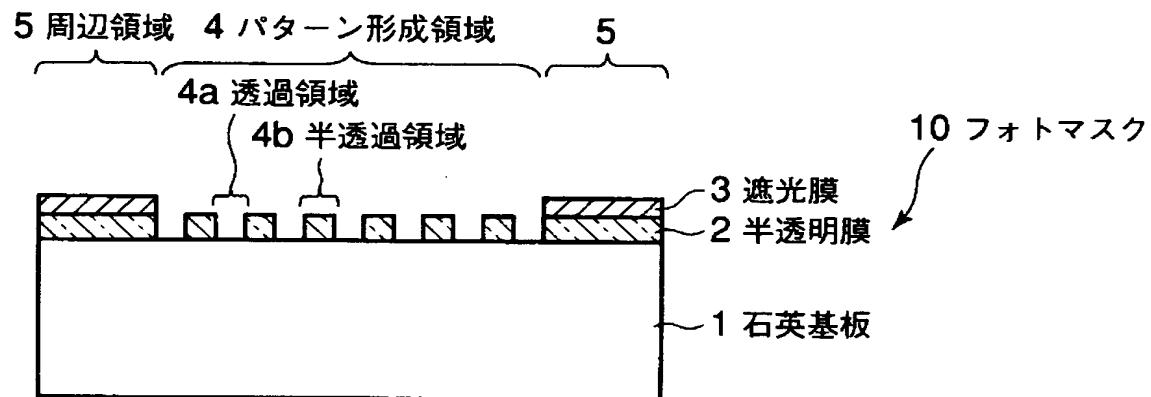
- 1 …石英基板
- 2 …半透明膜
- 3 …遮光膜
- 4 …パターン形成領域
 - 4 a …透過領域
 - 4 b …半透過領域
- 5 …周辺領域
- 10 …フォトマスク
- 30 …露光装置
- 31 …照明光学系
- 32 …投影光学系
- 33 …被加工基板
- 34 …フォトレジスト
- 35 …膜

特2002-199918

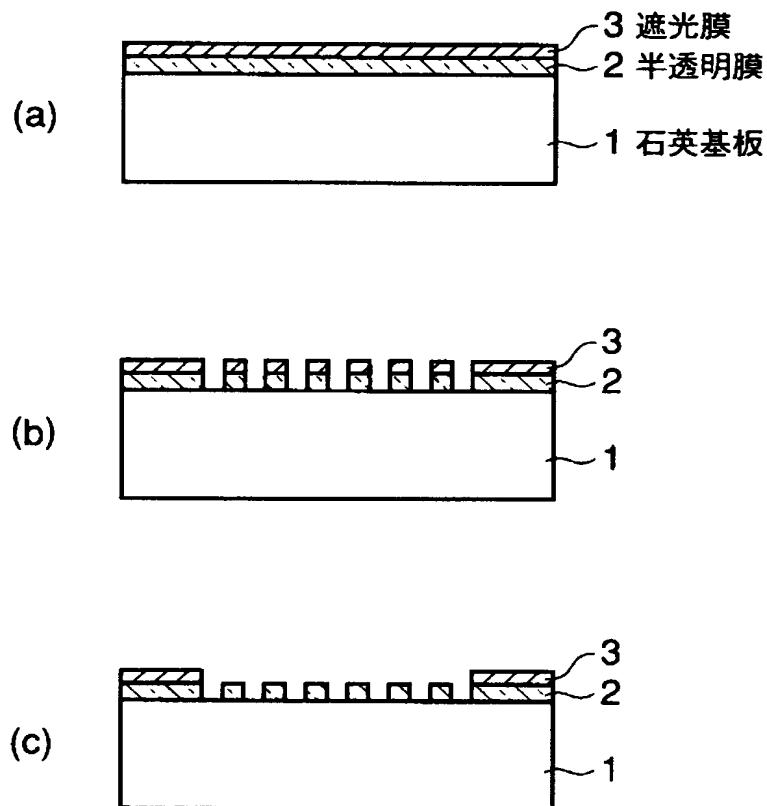
36…ステージ

【書類名】 図面

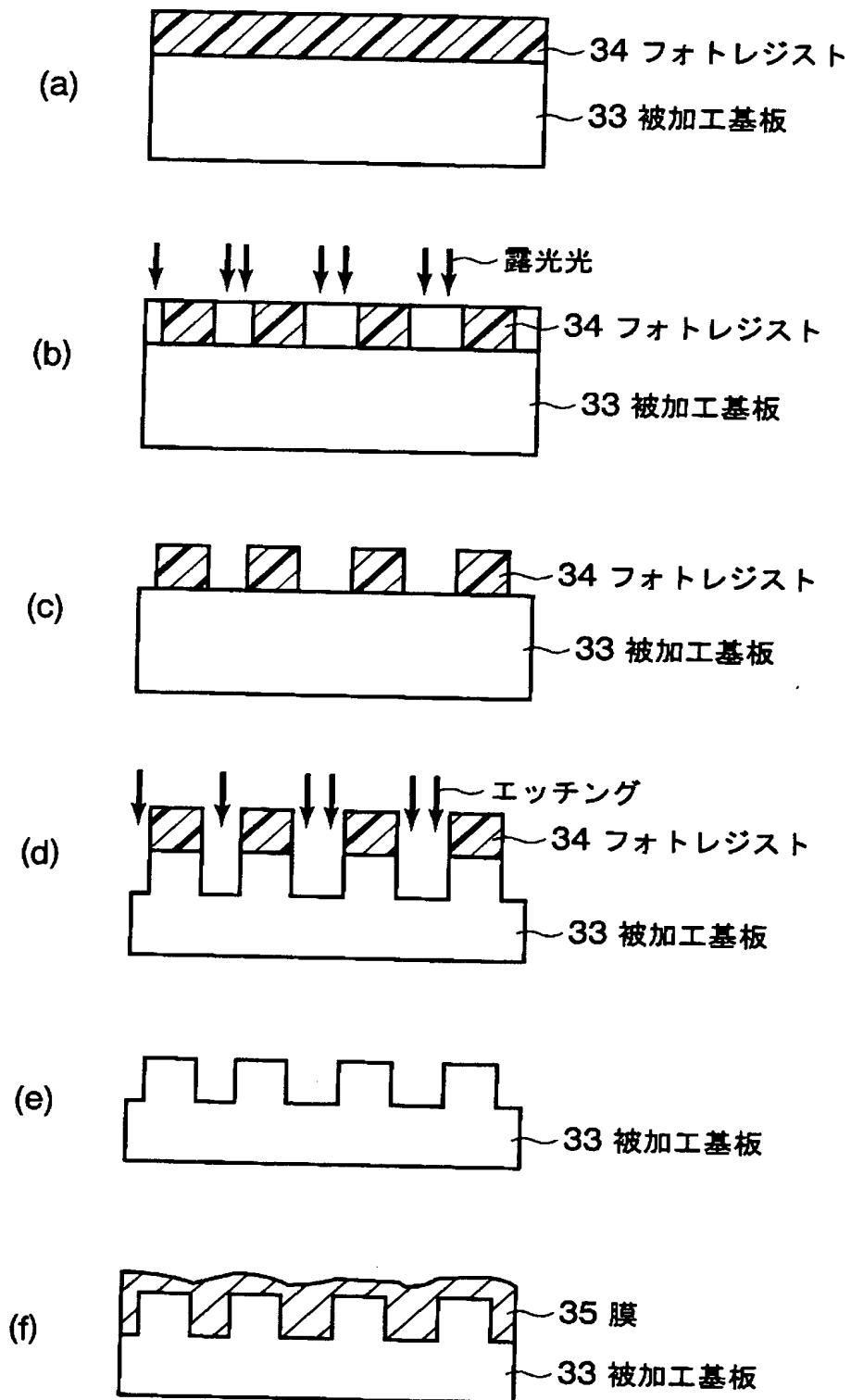
【図1】



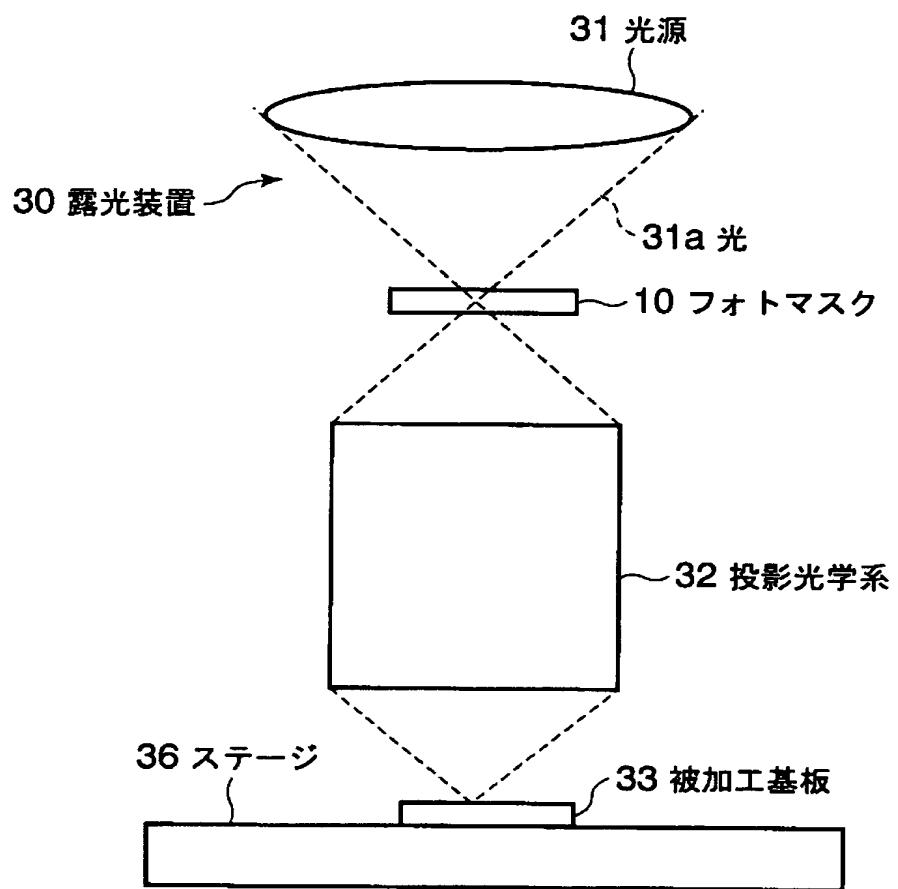
【図2】



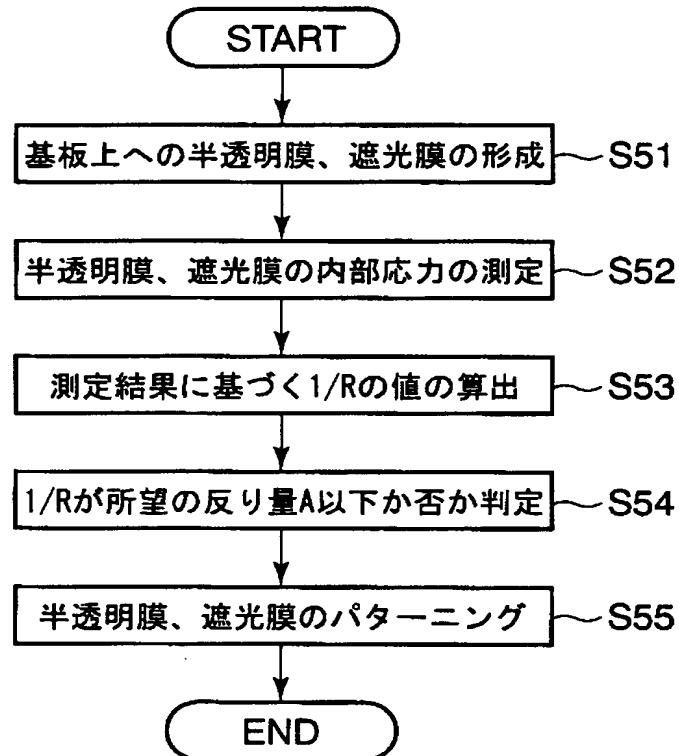
【図3】



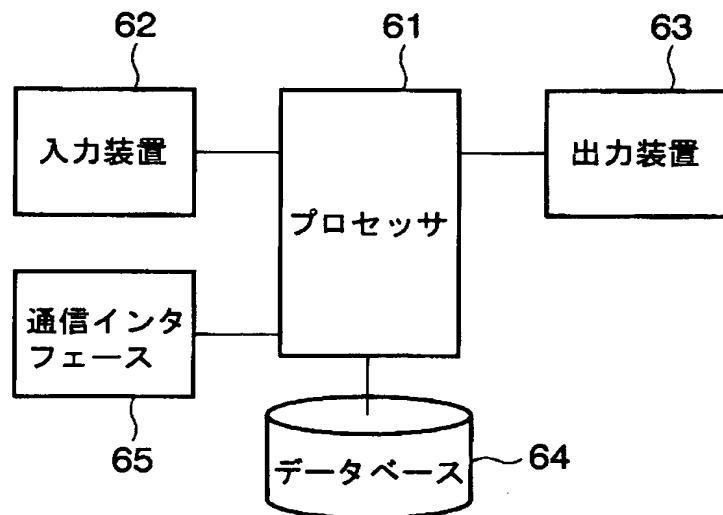
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の平坦度を有するフォトマスクを提供する。

【解決手段】 石英基板1と、石英基板1上に選択的に形成された半透明膜2と、半透明膜2上に選択的に形成された遮光膜3からなるフォトマスク10であって、石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3の各々のヤング率(MPa)を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ(m)を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、半透明膜2及び遮光膜3の室温における各々の内部応力(MPa)を s_1 及び s_2 とし、遮光膜3が形成されていない領域における半透明膜2の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、 $|1/E_0 \cdot d_0 \{h(k_1 \cdot s_1/E_1 \cdot d_1 + k_2) + (k_3 \cdot s_1/E_1 \cdot d_1 + k_4)\}| \leq 1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ の条件を満たす。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名 株式会社東芝